

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-38193

(43)公開日 平成11年(1999)2月12日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 2 1 K 1/06

G 2 1 K 1/06

M

G 0 3 G 15/04

G 0 3 G 15/04

H 0 1 L 21/027

H 0 5 H 13/04

U

H 0 5 H 13/04

H 0 1 L 21/30

5 3 1 A

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平9-197675

(22)出願日

平成9年(1997)7月24日

特許法第30条第1項適用申請有り 1997年5月27日～5月30日 開催の「The 41st INTERNATIONAL CONFERENCE on ELECTRON, ION and PHOTON BEAM TECHNOLOGY and NANOFABRICATION」において文書をもって発表

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 渡辺 豊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 原 真一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 水澤 伸俊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

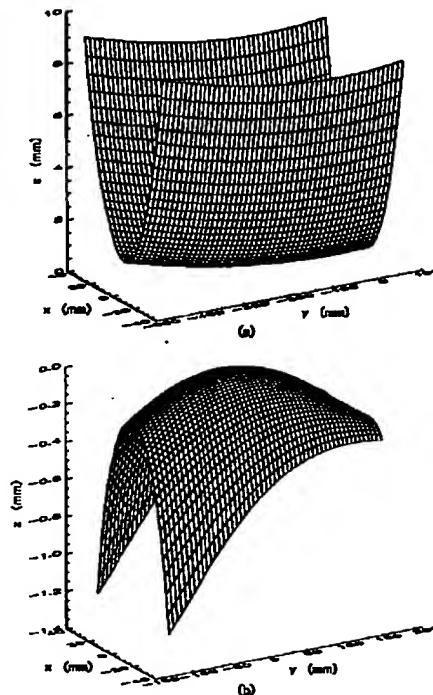
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 X線照明光学系とX線露光装置

(57)【要約】

【課題】 一括露光方式のX線露光装置を実現するのに適した新規なX線照明光学系を提供する。

【解決手段】 SR光源からの放射光によって所定の照明領域を照明するX線照明光学系において、該SR光源から該照明領域までの光路中に第1のX線ミラーと第2のX線ミラーを備え、該第1のX線ミラーの反射面形状(a)は2軸両方向とも凹であり、該第2のX線ミラーの反射面形状(b)は少なくとも1軸方向が凸であることを特徴とする。このX線照明光学系を用いて、マスクを一括照明する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 SR光源から放射された放射光によって所定の照明領域を照明するX線照明光学系において、該SR光源から該照明領域までの光路中に第1のX線ミラーと第2のX線ミラーを備え、該第1のX線ミラーの反射面形状は2軸両方向とも凹であり、該第2のX線ミラーの反射面形状は少なくとも1軸方向が凸であることを特徴とするX線照明光学系。

【請求項2】 X線照明光学系を構成するミラーは、前記第1および第2のX線ミラーの2枚だけからなる請求項1に記載のX線照明光学系。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載のX線照明光学系を備え、マスクの所定面を一括照明することを特徴とするX線露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスの製造に用いられる一括露光方式のX線ステッパーに好適なX線照明光学系の技術分野に関する。

## 【0002】

【従来の技術】X線露光装置は、0.18 $\mu$ mデザインルール以降のデバイスをプリントするための有力なリソグラフィ装置の1つと考えられている。デザインルールがより狭くなるにしたがって、リソグラフィ装置には十分なスループットで、低歪みで、かつCD均一性が高い転写性能が要求される。

【0003】X線露光装置用の露光光として用いられるシンクロトロン放射(SR)光は、一度に全露光フィールドを露光するためには垂直方向の発散角が小さすぎるという問題がある。

【0004】そこで露光される領域を広げるための3つの方法が従来から提案されている。これらはミラースキャン露光方式、ステージスキャン露光方式、そして一括露光方式である。

【0005】先の2つのいずれのスキャン方式においても、マスクとウェーハ上にパワーの集中が発生し、それが露光中に移動する。一方、3つめの一括露光方式においては、パワーは全露光フィールドに広げられる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、マスクとウェーハの熱歪みに着目すると、先の2つのスキャン方式では、パワーが集中し、かつ集中位置が移動するために、局所的な歪みが大きくなるという無視できない問題がある。これに対して一括露光方式では部分的なパワーの集中がなく、時間的に安定しているので熱歪みの問題が小さく、X線露光装置において十分なスループットで低歪みでかつCD均一性が高い転写性能をうるためのより現実的な方法であるといえる。

【0007】本発明の目的は、上述した一括露光方式のX線露光装置を現実的に実現するのに適した、新規なX

線照明光学系を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成する本発明のX線照明光学系は、SR光源から放射された放射光によって所定の照明領域を照明するX線照明光学系において、該SR光源から該照明領域までの光路中に第1のX線ミラーと第2のX線ミラーを備え、該第1のX線ミラーの反射面形状は2軸両方向とも凹であり、該第2のX線ミラーの反射面形状は少なくとも1軸方向が凸である。

【0009】また、ここでX線照明光学系を構成するミラーは、第1および第2のX線ミラーの2枚だけからなることが望ましい。

【0010】本発明のX線露光装置は、上記構成のX線照明光学系を備え、マスクの所定面を一括照明する。

## 【0011】

【発明の実施の形態】一般に投影光学系は、大画角化のために多くの課題を有しているが、X線露光装置であるX線ステッパーは露光フィールドを大きくするための制限が少ない。

【0012】図1はX線ステッパーのスループット(ウェーハ枚数/時)をパラメータとしたステップ+露光時間とオーバーヘッドとの関係を示すグラフであり、

(a)は露光フィールドが32mm $\square$ (67ショット/12インチウェーハ)である場合、(b)は露光フィールドが50mm $\square$ (23ショット/12インチウェーハ)である場合を示す。

【0013】図1の(a)、(b)のグラフの比較から、本発明の実施の形態のX線照明光学系の目的とする露光画面の大画角化によってスループットが改善されることが理解できる。

【0014】図2は本発明の実施の形態のX線露光装置のX線照明光学系の構成を示す模式的斜視図であり、図中符号1はSRリングからなるSR光源、2は第1のX線ミラー、3は第2のX線ミラー、4は真空チャンバーのBe窓、5はマスクである。図3は実施例のミラーの反射面形状を示す立体図であり、(a)は第1のX線ミラー、(b)は第2のX線ミラーである。

【0015】図2に示すように、SR(シンクロトロン放射)光源1から発したシンクロトロン放射光は、図3に示されるような形状を有する第1のX線ミラー2および第2のX線ミラー3により反射され、真空チャンバのBe窓4を透過し、それから真空チャンバ内の減圧されたHe中に設置されたマスク5を照射する。

【0016】第1のX線ミラー2、第2のX線ミラー3の反射面形状は、マスク5を透過してウェーハのレジストに吸収されるX線の強度分布が全露光領域において一様となるように最適化により決定される。本発明の実施例の第1のX線ミラー2の反射面形状は図3(a)に示されるようにxyの2軸両方向ともに凹である。また、

第2のX線ミラー3反射面のy方向の形状は図3(b)に示すように凸であるが、図3(b)では凸であるx方向の形状が凹であるか凸であるかは、ミラーの配置および露光フィールドサイズに依存する。

【0017】ただし、マスクのパターンがウェーハに転写される領域を露光領域とし、放射光の発光点から出射されて該露光領域の中心に到達する放射光を主光線とし、主光線が第1のミラー上で反射される点を第1のミラーの中心とし、主光線が第2のミラー上で反射される点を第2のミラーの中心とし、各ミラーにおいて該ミラーの中心から引いた各ミラーの法線をz軸とし、ミラーの反射面からミラーの外側に向けた方向をz軸の正の方向とし、各ミラーに入射する主光線と各ミラーのz軸との作る平面に垂直な軸を各ミラーのx軸とし、各ミラーのx軸、z軸の双方に垂直な軸を各ミラーのy軸とし、各ミラーから出射した主光線の進行方向のベクトルとの内積が正となる各ミラーのy軸の方向を正の方向とし、y軸の正の方向の単位ベクトルとz軸の正の方向の単位ベクトルとの外積がx軸の正の方向の単位ベクトルとなるような各ミラーのx軸の方向を正の方向として定義する。なお実施例では、上の構成において、シンクロトロン放射光は実現可能な蓄積リングの1つ(585 MeV、500 mA)の点光源から発したものとした。発光点と第1のX線ミラー2の中心間の距離 $l_1 = 2800$  mm、第1のX線ミラー2の中心と第2のX線ミラー3の中心間の距離 $l_2 = 3200$  mm、第2のX線ミラー3の中心とマスク5間の距離 $l_3 = 5000$  mm、第1のX線ミラー2、第2のX線ミラー3への斜入射角 $\theta = 18$  mradと設定し、第2のX線ミラー3よりマスク5寄り4500 mmに18  $\mu$ mの厚さのBe膜が真空隔壁のBe窓4として設置されている。真空隔壁よりマスク側にはHeが150 Torrの圧力で満たされている。マスク5はSiCからなる2  $\mu$ mの厚さのメンブレン上にタングステンを主成分とする吸収体からなるパターンが描かれてある。マスクメンブレンから20  $\mu$ mのギャップで、ウェーハがある。ウェーハの露光領域は4 Gbit DRAM世代で必要となってくる50 mm $\square$ となっており、第2のX線ミラー3から反射されたX線はマスク5上で約60 mmの照射領域を照射する。

【0018】第1のX線ミラー2はx軸方向に凹、y軸方向に凹の形状としてあり、中心近傍で、x方向曲率半径を $r_x = 89.9$  mm $-0.0062 \times y$  mm、y方向曲率半径 $r_y = 82284$  mmと設定した。曲率半径 $r_x$ をy方向に変化させているので、ミラーはミラー中心近傍において発光点から遠ざかる方向に曲率半径が若干小さくなっている。第2のX線ミラー3は特にy軸方向に凸の形状をしてあり、x方向の曲率半径1332 mm、y方向の曲率半径34800 mmと設定した。

【0019】図4は、本発明の実施例の装置で得られたレジストに吸収されるX線強度と強度むらとを示す立体

図であり、(a)はレジスト面におけるX線吸収強度の分布状態、(b)はレジスト面における強度むらの分布状態を示す。

【0020】このX線は感度40 J/cm<sup>3</sup>のレジスト(これは50 mJ/cm<sup>2</sup>に相当する)を1ショット当たり1.5秒で露光する。図1(b)に示されるように12インチウェーハ(23ショット/ウェーハ)に対し、1時間当たり50枚のスループットが達成される。レジストに吸収されるパワーは図4(a)に見られるように全領域でほぼ一定とすることができ、強度むらは図4(b)に見られるように50 mm $\square$ の露光領域全面においてレンジで1%以下となっている。

【0021】さらに、一括露光方式および2つのスキャン露光方式における、マスクとウェーハの熱歪みによる歪みとCD均一性に及ぼす影響をそれぞれシミュレーションにより調べた。その結果、一括露光方式の歪みは2つのスキャン露光方式の歪みの1/4よりも小さくなっていることが判明した。

【0022】以上の実施の形態によれば、第1のX線ミラーの反射面形状を2軸とも所定の曲率半径の凹とし、第2のX線ミラーの反射面形状を少なくともy方向を所定の曲率半径で凸とすることにより、シンクロトロン放射光の垂直方向の発散角を拡散し、例えば50 mm $\square$ という大きい露光フィールドを露光し、かつ水平方向のシンクロトロン放射光を集めることにより、スループットを向上させるという、2枚のX線ミラーからなるX線照明光学系を実現することができる。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、一括露光方式のX線露光装置を実現するのに適した新規なX線照明光学系を提供することができるという効果がある。

【0024】また、大きな露光フィールドを露光し、かつ水平方向のシンクロトロン放射光を集めて照明強度を向上させることにより、スループットを向上させた優れたX線露光装置を提供することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はX線ステッパーのスループット(ウェーハ枚数/時)をパラメータとしたステップ+露光時間とオーバーヘッドとの関係を示すグラフである。(a)は露光フィールドが32 mm $\square$ (67ショット/12インチウェーハ)である場合を示す。(b)は露光フィールドが50 mm $\square$ (67ショット/12インチウェーハ)である場合を示す。

【図2】本発明の実施の形態のX線露光装置のX線照明光学系の構成を示す模式的斜視図である。

【図3】実施例のミラーの反射面形状を示す立体図である。(a)は第1のX線ミラーである。(b)は第2のX線ミラーである。

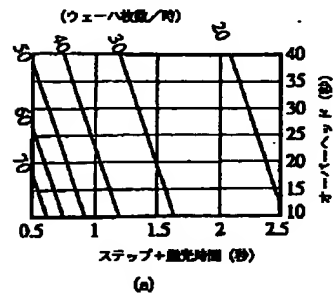
【図4】本発明の実施例の装置で得られたレジストに吸収されるX線強度と強度むらとを示す立体図である。

(a) はレジスト面におけるX線吸収強度の分布状態を示す。(b) はレジスト面における強度むらの分布状態を示す。

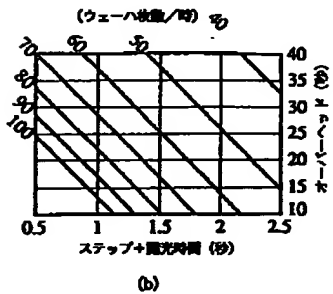
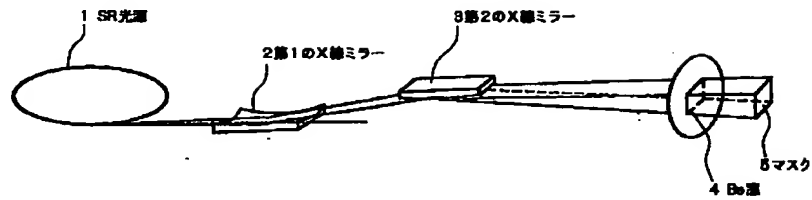
【符号の説明】

- 1 SR光源
- 2 第1のX線ミラー
- 3 第2のX線ミラー
- 4 Be窓
- 5 マスク

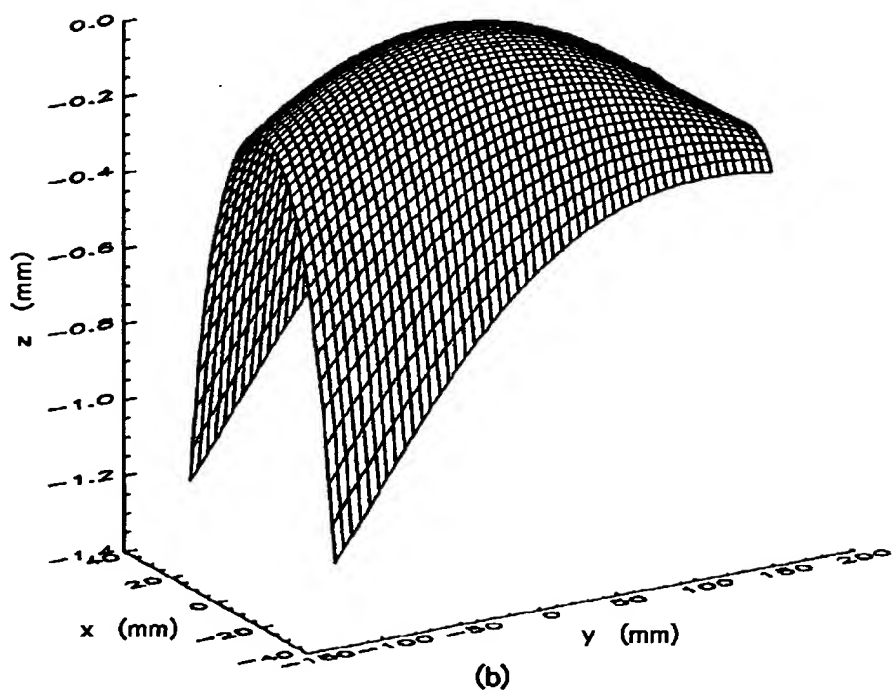
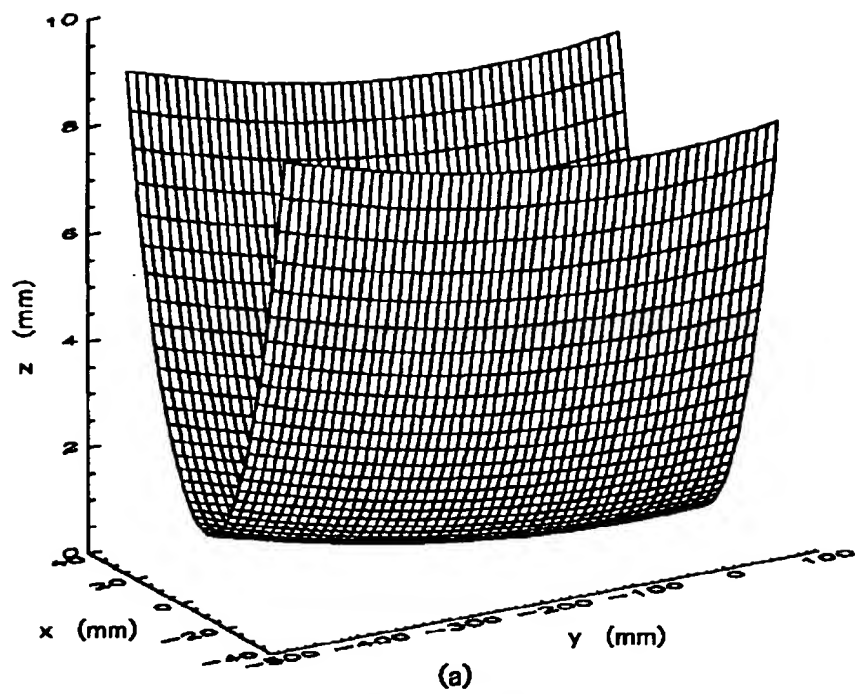
【図1】



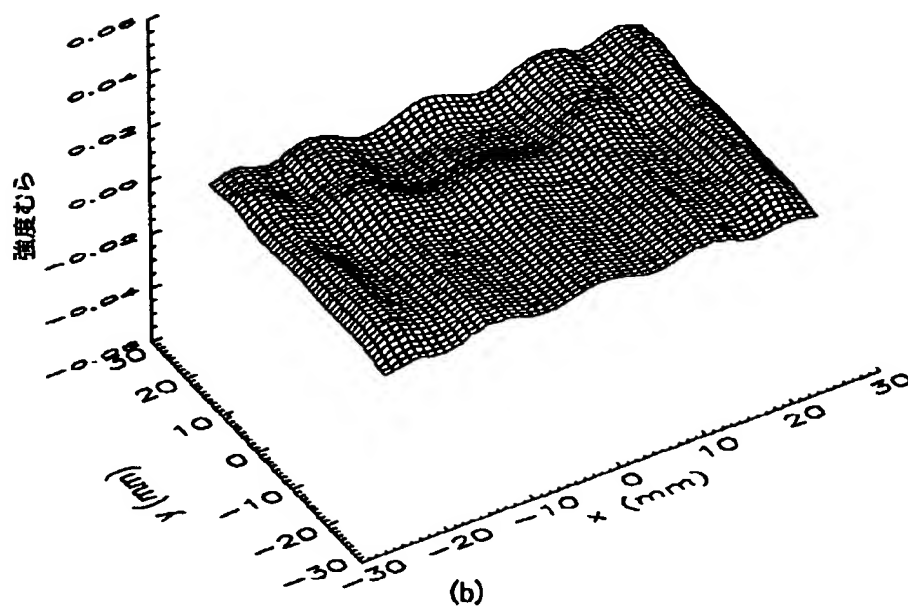
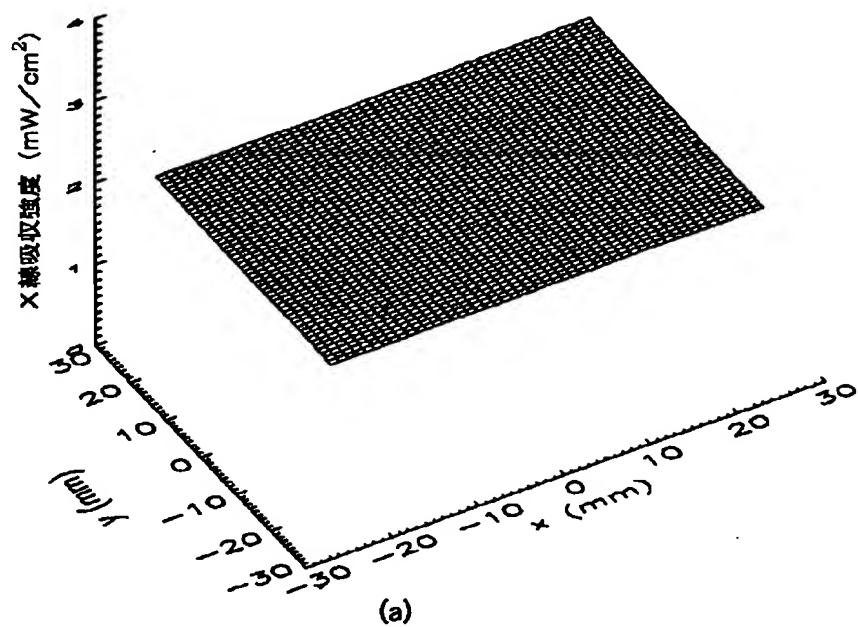
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 恵明  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 鶴澤 俊一  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内